MANEJO DE *Centris analis* (Fabricius, 1804) (HYMENOPTERA: APIDAE): INVESTIGANDO AS DIMENSÕES IDEAIS DE NINHOS-ARMADILHA PARA USO NA POLINIZAÇÃO DE CULTURAS

por

GEOGE CARLOS VIEIRA DA SILVA

(Sob Orientação da Professora Daniele Regina Parizotto)

RESUMO

Muitas culturas possuem uma enorme dependência de agentes polinizadores. A presença desses animais, principalmente as abelhas, garante a formação de bons frutos e promove o aumento da produtividade. No Brasil, programas de polinização de culturas ainda são bastante incipientes, existindo escassez de informações biológicas básicas que permitam implementar tais ações. A maioria da polinização controlada é realizada por abelhas sociais, principalmente *Apis mellifera*, porém as abelhas solitárias apresentam enorme potencial para polinização de diversas culturas no país. Entre essas abelhas, *Centris analis* é uma das espécies que vem sendo apontada como candidata potencial para polinização de culturas por ser uma espécie multivoltina, amplamente distribuída e que nidifica em cavidades preexistentes. Dados sobre a biologia da espécie já são bem conhecidos, mas ainda faltam informações básicas que permitam otimizar a criação racional. Por isso, o objetivo do presente trabalho foi testar a influência de diferentes diâmetros e comprimentos dos ninhos-armadilha em alguns aspectos biológicos de *C. analis.* Os nossos dados sugerem que as fêmeas preferiram os ninhos mais longos e que o diâmetro e o comprimento não afetaram as taxas de mortalidade, taxa de parasitismo e razão sexual. A partir desses resultados,

nós sugerimos medidas de cavidades que permitem aperfeiçoar as técnicas de criação e, assim, expandir a criação e manutenção das populações de *C. analis*.

PALAVRAS-CHAVE: Abelha solitária, biologia de nidificação, criação racional, polinização agrícola.

MANAGEMENT OF *Centris analis* (Fabricius, 1804) (HYMENOPTERA: APIDAE): INVESTIGATING THE IDEAL DIMENSIONS OF TRAP-NEST TO USE IN CROP POLLINATION

by

GEOGE CARLOS VIEIRA DA SILVA

(Sob Orientação da Professora Daniele Regina Parizotto)

ABSTRACT

Many crops have a great dependence on pollinators. The presence of these animals, mostly bees, ensure the fruit set and promote the increase of the productivity. In Brazil, pollination programs of cultures are still incipient, with paucity of basic biological information that allows to implementation of such actions. Most of the commercial pollination is perfomed by social bees, mainly *Apis mellifera*, but the solitary bees have a great potencial of to pollinate many crops in the country. Among these bees, *Centris analis* is a species that would be a good candidate for pollination programs as a since it is a cavity-nesting, multivoltine species with broad geographic range and nesting in preexisting cavities. Data on this species biology is already well known, but there is still a lack of basic information to optimize rational rearing. Thefore, the aim of this study was to test the influence of the different diameters and lengths of trap-nests on in some biological aspects of *C. analis.* Our data suggests that females preferred the longer nests, and the diameter and length did not affect the mortality rates, parasitism rates, and sex ratio. From these results, we suggest cavity measures that would improve the rearing techniques and allow the conservation of *C. analis* populations.

KEY WORDS: Solitary bee, nesting activity, rational rearing, crop pollination

MANEJO DE *Centris analis* (Fabricius, 1804) (HYMENOPTERA: APIDAE): INVESTIGANDO AS DIMENSÕES IDEAIS DE NINHOS-ARMADILHA PARA USO NA POLINIZAÇÃO DE CULTURAS

por

GEOGE CARLOS VIEIRA DA SILVA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do grau de Mestre em Entomologia

RECIFE - PE

Julho –2021

MANEJO DE *Centris analis* (Fabricius, 1804) (HYMENOPTERA: APIDAE): INVESTIGANDO AS DIMENSÕES IDEAIS DE NINHOS-ARMADILHA PARA USO NA POLINIZAÇÃO DE CULTURAS

por

GEOGE CARLOS VIEIRA DA SILVA

Comitê de Orientação:

Orientador: Daniele Regina Parizotto – UFRPE

Co-orientador: Paulo Fellipe Cristaldo – UFRPE

MANEJO DE *Centris analis* (Fabricius, 1804) (HYMENOPTERA: APIDAE): INVESTIGANDO AS DIMENSÕES IDEAIS DE NINHOS-ARMADILHA PARA USO NA POLINIZAÇÃO DE CULTURAS

por

GEOGE CARLOS VIEIRA DA SILVA

Banca Examinadora:
Daniele Regina Parizotto - UFRPE
Luciana Iannuzii – UFPE
Léo Correia da Rocha-Filho - UFU

Geoge Carlos Vieira Mestre em Entomologia	Profa. Daniele Regina Parizotto – UFRPE Orientadora

DEDICATÓRIA

A Deus.

Aos meus amados pais, Giane Tenorio Vieira e Luis Carlos da Silva, que jamais mediram esforços para que eu pudesse alcançar meus ideais, minha eterna gratidão.

“Não haveria criatividade sem a curiosidade que nos move e que nos põe pacientemente impacientes diante do mundo que não fizemos acrescentando a ele algo que fazemos”

Paulo Freire, 1997

AGRADECIMENTOS

A Deus todo poderoso, fonte de todo amor e sabedoria, por minha vida e Sua eterna proteção ao longo de toda a caminhada e a Nossa Mãe Santíssima por toda sua intercessão e proteção.

A Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, pela oportunidade de realização deste curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo.

Aos meus pais, Giane Tenorio Vieira e Luis Carlos Da Silva, principais responsáveis por minha formação, por todo amor, preocupações, orações e cuidado.

A professora Daniele Regina Parizotto, por sua competência como professora e orientação.

Ao professor Paulo Fellipe Cristaldo, pela ajuda na elaboração das análises estatísticas e apoio na realização do projeto.

Aos membros da banca examinadora por aceitar o convite em avaliar e participar da avaliação da minha dissertação.

Ao Laboratório de Hymenoptera, por contribuir com a realização deste trabalho e aos momentos de descontração.

A todos os funcionários do Setor de Fitossanidade da UFRPE.

A todos os meus familiares, pelo apoio e por sempre acreditarem no meu esforço.

A meus amigos, Rony, Andrezo, Raniele, Carlos Frazão, pela amizade, carinho e incentivo.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a minha formação e crescimento pessoal.

SUMÁRIO

Página

AGRADECIMENTOS x

CAPÍTULO 1 1

INTRODUÇÃO 1

ABELHAS SOLITÁRIAS E NIDIFICAÇÃO 1

POLINIZAÇÃO 2

ABELHAS E ÓLEOS FLORAIS 4

ACEROLEIRA E VISITANTES FLORAIS 5

USO COMERCIAL DE ABELHAS NA POLINIZAÇÃO DE CULTURAS. 8

LITERATURA CITADA 10

CAPÍTULO 2 16

MANEJO DE *CENTRIS ANALIS* (FABRICIUS, 1804) (*HYMENOPTERA: APIDAE)*: INVESTIGANDO AS DIMENSÕES IDEAIS DE NINHOS-ARMADILHA PARA USO NA POLINIZAÇÃO DE CULTURAS 16

RESUMO 17

INTRODUÇÃO 19

METODOLOGIA 21

ÁREA DE ESTUDO 21

NINHOS ARMADILHAS 21

ANÁLISES ESTATÍSTICAS 22

RESULTADOS 23

FENOLOGIA E ESCOLHA DOS NINHOS-ARMADILHA 23

NÚMERO DE CÉLULAS CONSTRUÍDAS 24

MORTALIDADE E PARASITISMO 25

RAZÃO SEXUAL 25

DISCUSSÃO 25

RECOMENDAÇÕES DAS DIMENSÕES DOS NINHOS PARA O MANEJO DE *C. ANALIS* 28

REFERÊNCIAS
CONSIDERAÇÕES FINAIS 29

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Abelhas solitárias e nidificação

As abelhas compõem um grupo monofilético com aproximadamente 20 mil espécies descritas, amplamente distribuídas nas mais diversas regiões do mundo (Freitas *et al*. 2017). A grande maioria das abelhas possui hábitos solitários, de modo que a fêmea fundadora do ninho não recebe ajuda para a construção das células de cria e não há sobreposição entre gerações (Batra 1984, Michener 2007). O comportamento de nidificação, bem como o substrato utilizado na construção dos ninhos, é bastante variado dependendo do táxon. Algumas espécies constroem seus ninhos no solo, em termiteiros, formigueiros ou em cavidades preexistentes em madeira (Krombein 1967, Michener 2007). Esse substrato representa um recurso natural geralmente escasso e que constitui um fator limitante para o crescimento e manutenção das populações que as utilizam (Vinson *et al*. 1993).

Substratos artificiais podem ser utilizados para o atraso de fêmeas que nidificam em cavidades preexistentes com o objetivo de estudar a biologia e o comportamento de nidificação, inventariar e monitorar populações de uma determinada área, promover a manutenção das espécies e incrementar a polinização (MacIvor & Packer 2015; Costa & Gonçalves 2009). No Brasil, os primeiros estudos utilizando a técnica de ninhos-armadilha tiveram início na década 70 (Garófalo *et al.* 2004). Posteriormente, inúmeros estudos foram desenvolvidos em diversas regiões do país como Camillo *et al*. (1995), Garófalo (2000), Morato & Campos (2000), Morato (2001), Viana *et al*. (2001), Aguiar (2002), Aguiar & Martins (2002), Martins *et al*. (2002), Alves-dos-Santos (2003), Gazola (2003), Oliveira & Gonçalves (2017), Perillo *et al.* (2017). Recentemente, Costa & Gonçalves (2019) listaram 87 estudos no Brasil utilizando essa metodologia, os quais apresentam informações para 140 espécies e 24 gêneros. A utilização de

ninhos artificiais dentro de áreas cultivadas ou ainda, a introdução de ninhos já colonizados, é uma ferramenta que proporciona a manutenção e o aumento do número de polinizadores. Além disso, pode assegurar que um grande número de flores sejam visitadas por esses polinizadores (Roubik, 1989; Michener, 2000; Krug, 2007; Cunha & Blochtein, 2003).

Polinização

A polinização é considerada um dos serviços ecossistêmicos mais importante para o funcionamento dos ecossistemas. Esse serviço está, direta e indiretamente, ligado a reprodução vegetal de espécies nativas e cultivadas, uma vez que possibilita a troca de gametas entre as plantas, ocorrendo, assim, uma fecundação cruzada. A polinização garante uma maior variabilidade genética e, por consequência, um aumento da fertilidade, produtividade e resistência a doenças para as plantas (Nascimento *et al*. 2011, Malerbo e Halak, 2013). O processo de polinização consiste na transferência do grão de pólen da parte masculina da flor (androceu) até o ovário na parte feminina (gineceu), da mesma, ocorrendo, assim, a sua fecundação. Este processo se deve principalmente à ação de agentes abióticos e bióticos, sendo a ação de organismos vivos responsáveis por aproximadamente 87,5% de toda a polinização realizada em plantas de todo o mundo (Magalhães & Venturieri 2010).

Dentre os vários agentes bióticos, as abelhas compõem o principal grupo polinizador de plantas. Os agentes polinizadores têm um papel funcional na manutenção da biodiversidade e aproximadamente 70% das espécies de plantas cultivadas são polinizadas por abelhas. A presença desses insetos é fundamental para a produção agrícola de muitas das culturas produzidas no país, sendo que somente na América do Sul o valor dos serviços de polinização foi estimado em 11,6 bilhões de euros por ano (Gallai *et al*. 2009, Potts *et al*. 2010).

Estes insetos apresentam interações muitas vezes especializadas, restringindo o número de espécies de plantas visitadas. Algumas fêmeas são especialistas com relação as fontes de pólens, enquanto outras são mais generalistas, coletando recursos de inúmeras espécies vegetais (Melo *et al*. 2012). Abelhas especialistas (ou oligolécticas) são aquelas espécies que coletam pólen de uma ou poucas espécies de plantas relacionadas, de um gênero ou família ou de famílias próximas. Em contrapartida, as espécies que utilizam várias fontes de pólen de plantas de famílias não relacionadas são denominadas polilécticas (Michener 2007, Zanella & Martins 2003). A oligolectia é um fenômeno que ocorre exclusivamente em espécies solitárias, o qual já foi demonstrado em pelo menos 12 tribos de abelhas. No entanto, as relações da maioria das espécies de abelhas solitárias com plantas ainda não são conhecidas e as informações disponíveis muitas vezes restringem-se a visitas florais registradas em estudos de levantamentos da apifauna (Schlindwein 2000). Assim, a especificidade dos recursos utilizados para a construção dos ninhos, assim como o comportamento relacionado às plantas visitadas, constitui uma complexa rede de interações que definem e modelam a diversidade de abelhas de um determinado local (Zanella & Martins 2003).

Diante do exposto, é possível perceber que as abelhas prestam um serviço de suma importância para a manutenção do ciclo vegetal, sem as quais grande parte das plantas podem deixar de existir. Nas últimas décadas, principalmente devido ao declínio e morte de inúmeras abelhas (Gonçalves & Castilhos, 2015), diversos estudos vêm demonstrando que este serviço ecossistêmico prestado pelas abelhas é limitado e está ameaçado, em grande parte pela ação antrópica que causa alterações e modificações no meio ambiente (Roubik 1989, Delaplane *et al*. 2013).

Abelhas e óleos florais

Das abelhas existentes no mundo, aproximadamente 330 espécies são especializadas em coletar óleos nas flores para alimentar as larvas e/ou revestir as paredes das células de cria. Essas abelhas pertencem a seis tribos, sendo três delas - Centridini, Tapinostapidini e Tetrapediini - exclusivas das Américas e especialmente diversas na região Neotropical (Alves-dos-Santos *et al.* 2007). Nesses táxons ocorrem adaptações morfológicas nas pernas ou esternos, incluindo especialização na pilosidade para coleta e transporte dos óleos florais. Nas espécies do gênero *Centridini* essas adaptações ocorrem em cerdas modificadas nos basitarsos anteriores e médios, semelhantes a um "pente" (Neff & Simpson 1981). As fêmeas, durante as visitas às plantas, utilizam esse pente para raspar os elaióforos epiteliais, enquanto se fixam com ajuda da mandíbula na base das flores (Gaglianone 2001).

A descoberta dos óleos florais ocorreu há mais de 40 anos quando Stefan Vogel publicou um trabalho sobre uma recompensa oferecida aos polinizadores (Vogel, 1969). Stefan Vogel, em uma viagem à América do Sul entre os anos de 1964 e 1965, percebeu que algumas plantas do gênero *Angelonia* produziam líquidos florais hidrofóbicos em glândulas da corola, os elaióforos. Essa substância é um óleo não volátil presente em cerca de 1.600 espécies com estruturas e adaptações morfológicas distintas em cada táxon (Martins *et al.* 2014). Atualmente, 12 famílias possuem flores que produzem e secretam óleos (Malpighiaceae, Cucurbitaceae, Krameriaceae, Stilbaceae, Scrophulariaceae, Plantaginaceae, Calceolariaceae, Orobanchaceae, Solanaceae, Myrsinaceae, Iridaceae e Orchidaceae) (Renner & Schaefer 2010). Dentre essas famílias destaca-se Malpighiaceae, que possui cerca de 1.200 espécies tropicais e subtropicais e que apresenta uma história de codivercificação com as abelhas dos gêneros *Centris* e *Epicharis* (Martins *et al.* 2014, Anderson 1990).

Aceroleira e visitantes florais

A aceroleira (*Malpighia emarginata* DC) é uma espécie da família Malpighiaceae originária de regiões da América Central, noroeste da América do Sul e Antilhas (Fouqué 1973, Ritzinger 2011). Essa espécie foi introduzida no Brasil em 1955, através de sementes trazidas de Porto Rico pela professora Maria Celene Cardoso de Almeida, da Universidade Federal Rural de Pernambuco que, posteriormente, foram multiplicadas e distribuídas para vários locais do Nordeste e outras regiões do país (Marino Neto 1986). O Brasil é considerado o maior produtor, consumidor e exportador mundial de acerola. A área de cultivo de acerola no país, é superior a 11 mil hectares, com produção aproximada de 33.000 toneladas por ano, sendo o Nordeste responsável pela maior parte da produção (66 %). Apesar de existirem plantios comerciais em praticamente todos os estados do Brasil, é na região nordestina, por suas condições de solo e clima, onde a acerola melhor se adaptou (Paiva *et al*. 1999). Os estados que mais se destacam como produtores no Nordeste são: Pernambuco, Ceará e Bahia. O estado de Pernambuco representa 23,11% da produção nacional; seguido pelo Ceará, com 14,32%; São Paulo, com 11,39%; e Bahia, com 10,48%. O Estado de São Paulo figura como o terceiro maior produtor brasileiro, com cerca de 11 % da produção nacional, destacando-se os municípios de Dracena e Junqueirópolis, sendo a polpa obtida por meio do processamento dos frutos destinada, principalmente, aos mercados asiático e europeu (Pinto *et al.* 2012). A acerola também é produzida nos estados do Rio Grande do Norte, Paraíba e Piauí. A Região do Submédio São Francisco, com cerca de 100 mil hectares irrigáveis, destaca-se como um dos principais polos agrícolas do Nordeste brasileiro, onde várias fruteiras são cultivadas comercialmente com sucesso (Gomes 2001).

A aceroleira é descrita como um arbusto glabro, de tamanho médio, com 2 a 3 m de altura, ramos densos e espalhados, folhas com pecíolo curto, opostas, ovaladas e elíptico-pecioladas. Medindo entre 2,5 cm e 7,5 cm. A base e, principalmente, o ápice das folhas são agudos, de coloração verde-escura brilhante, na superfície superior, e verde-pálida, na superfície inferior. Em geral, as aceroleiras produzem pequenas inflorescências na axila das folhas de ramos novos ou em esporões laterais, constituídas por três a cinco flores, que apresentam de cinco a sete sépalas, em cuja base estão localizadas um número variável de glândulas produtoras de óleo. As flores apresentam cinco pétalas de coloração variável (branca a diferentes tonalidades de rosa), dez estames e três carpelos unidos na base, formando o ovário, com três estiletes e estigmas. As aceroleiras, assim como a maioria das espécies Neotropicais de Malphigiaceae, produzem óleos em glândulas (elaióforos) localizados no cálice como recompensa aos visitantes especializados (Vogel 1974). O número de elaióforos pode variar de seis a dez nas aceroleiras, dependendo do genótipo (Gomes *et al*. 2001). A flor permanece aberta por um dia e, em parte desse período, fica receptiva à polinização. Apesar da proximidade entre anteras e estigmas, os grãos de pólen liberados pelas anteras dependem de polinizadores para que cheguem até os estigmas e fecundem a flor, visto que são pegajosos, dificultando a sua disseminação pelo vento ou pela ação da gravidade (Ritzinger *et al*. 2004). Na aceroleira, vários fatores podem influenciar a sua polinização, tais como a dicogamia, a falta de pólen viável, vários tipos de incompatibilidade e formas de heterostilia, destacando-se ainda a eficiência de diferentes agentes polinizadores (Magalhães *et al*. 1999, Lopes *et al*. 2000).

As flores da aceroleira produzem dois principais atrativos aos visitantes florais: pólen e óleo, não sendo atrativas para muitas espécies de abelhas, como Apis *mellifera.* Em contrapartida, as espécies dos gêneros *Centris* e *Epicharis* são eficientes na coleta desses recursos, os quais são utilizados nas células de cria, para alimentação dos imaturos, bem como na impermeabilização

dos ninhos (Raw 1987, Freitas *et al*. 1999). Raw (1979) foi o primeiro a demonstrar que a aceroleira tinha uma espécie de *Centris* (*C. dirrhoda* Moure, 1960) como polinizador efetivo em uma área de cultivo na Jamaica. Posteriormente, outros autores ampliaram a lista, relacionando *Centris aenea* Lepeletier, 1841*; C. analis; C. fuscata* Lepeletier, 1841*; C. sponsa* Smith, 1854*; C. bicolor* Lepeletier, 1841*; C. spilopoda* Moure, 1969*; C. tarsata* Smith, 1874*; C. trigonoides* Lepeletier, 1841*;* e *C. varia* Erichson, 1849, além de espécies dos gêneros *Epicharis*, *Xylocopa*, *Tetragonisca* e *Apis* (Vilhena & Augusto 2007, Schlindwein *et al*. 2014, Oliveira *et al*. 2015) como visitantes florais desta espécie. Entre essas espécies, *C. analis* e *C. tarsata* além de serem consideradas polinizadores efetivos, são as que mais frequentemente ocupam ninhos-armadilhas, são abundantes, têm uma ampla distribuição geográfica, e, por isso, são sugeridas como boas candidatas para programas de polinização (Alonso *et al*. 2012).

Na região da Zona da Mata pernambucana, ninhos-armadilhas instalados em uma plantação de acerola demonstraram o potencial de *C. analis* como polinizador efetivo da cultura (Oliveira & Schlindwein 2009). Em um outro estudo, conduzido no estado do Ceará, Magalhães & Freitas (2013) conseguiram reproduzir abelhas *C. analis* em boa quantidade e introduziram esses ninhos em cultivos comerciais de acerola. Os resultados demonstraram aumento na produção de até 1.798 kg/ha (acréscimo de 286%), o que significou uma receita adicional de US $2.250,00 por hectare. Na região do semiárido Paraibano, Guedes *et al*. (2011) detectaram um déficit de polinização da aceroleira devido à baixa abundância de abelhas do gênero *Centris*. Os autores apontam que a polinização foi insuficiente e que a taxa de frutificação pode ser duplicada ou triplicada se as populações de abelhas forem abundantes (Schlindwein *et al*. 2014). A região do Nordeste do Brasil apresenta uma forte sazonalidade, com estação chuvosa reduzida, na qual ocorre uma redução na quantidade de recursos florais e consequente diminuição significativa na abundância e diversidade de abelhas solitárias (Zanella & Martins 2003, Zanella 2008). Desse modo, a escassez

de abelhas da tribo Centridini pode ser um fator limitante para a produção de acerolas nesse período. Porém, a escolha da variedade associada ao manejo da aceroleira pode auxiliar na manutenção dos recursos florais locais para as abelhas.

Uso comercial de abelhas na polinização de culturas.

Entre as espécies de plantas cultivadas, cerca de 75% dependem direta ou indiretamente da polinização animal, sendo as abelhas o grupo mais importante. A presença desses insetos nas culturas garante a boa formação de frutos, com maior peso e, consequentemente, um aumento da produtividade da área. Na agricultura, no entanto, somente 0,1% dos serviços prestados por agentes polinizadores são utilizados em serviços de polinização dirigida. *Apis mellifera*, a abelha do mel, é a espécie mais conhecida e também a mais frequente na polinização de culturas no mundo (Klein *et al*. 2003, Ricketts 2004). A produção comercial de outras espécies de abelhas sociais para utilização em culturas agrícolas teve início na década de 1980 na Europa (Velthuis & Van Doorn 2006). Desde então, diversas empresas implementaram a criação em larga escala de espécies de *Bombus* Latreille, 1802 para polinização de culturas em ambientes protegidos (estufas e casas de vegetação) (Sladen 1912, Gretenkord 1996, Duchateau 1991, Van Eijnde *et al*.1991). No Brasil, *A. mellifera* é utilizada em larga escala na polinização de algumas culturas como a maçã, na região Sul, e o melão, na região Nordeste (Potts *et al.* 2010). Ainda entre as espécies sociais, os Meliponini (abelhas sem ferrão) vêm sendo apontados como polinizadores efetivos de pelo menos dezoito culturas agrícolas, sendo fortes candidatos para serviços de polinização dada a diversidade do grupo e a ampla distribuição geográfica, ocorrendo nas regiões tropicais e subtropicais do mundo.

Dentre as abelhas solitárias utilizadas na polinização comercial destacam-se espécies como: *Megachile rotundata* (Fabricius 1787), usada na polinização da alfafa (Free 1993); *Osmia lignaria* Say, 1837 em culturas de cerejas, maçãs e peras nos EUA e Canadá e *Osmia cornuta* (Latreille, 1805) utilizada em culturas de amêndoas, maçãs e peras na Espanha, França e Itália (Sazima & Sazima 1989, Malagodi-Braga 2004, Greenleaf & Kremen 2006). No Brasil, não existe produção comercial de abelhas solitárias na polinização de culturas agrícolas. No entanto, alguns estudos vêm demonstrando que muitas espécies de abelhas solitárias são polinizadores eficientes de algumas culturas e sugerem que tais espécies deveriam ser melhor investigadas visando a sua utilização em programas de polinização controlada (Cruz & Campos 2009, Imperatriz-Fonseca 2012). Além desta aplicabilidade do conhecimento acumulado sobre as abelhas solitárias, estes estudos podem representar um passo importante para sua conservação, especialmente daquelas espécies ocorrentes em ecossistemas ameaçados, como a Mata Atlântica e a Caatinga (Freitas *et al.* 2014).

A contribuição econômica dos polinizadores totaliza quase 30% (aproximadamente US $12 bilhões de um total de US $45 bilhões) do valor total da produção agrícola brasileira anual. Entre as culturas que dependem em algum grau da polinização biótica, principalmente das abelhas, destacam-se quatro grandes culturas que apresentam incremento da produtividade: café (*Coffea arabica e C. canephora*) com US$ 1,9 bilhões, o tomate (*Lycopersicon esculentum*) com US$ 992 milhões, o algodão (*Gossypium hirsutum*, com US$ 827 milhões), o cacau (*Theobroma cacao*) com US$ 533 milhões e a laranja (*Citrus aurantium* e *C. sinensis*) com US$ 522 milhões (Giannini *et al.* 2015). Esses dados demonstram que é possível aumentar a produtividade de determinadas culturas através da presença de agentes polinizadores, como as abelhas. No entanto, para tornar isso possível é necessário reconhecer o papel dos polinizadores na produtividade dos

cultivos brasileiros, sua inclusão como um insumo na produção agrícola e técnicas adequadas para o manejo e manutenção desses insetos.

Literatura citada

Aguiar, A.J.C & C.F. Martins. 2002. Abelhas e vespas solitárias em ninhos-armadilha na Reserva Biológica Guaribas (Mamanguape, Paraíba, Brasil). Revista Brasileira de Zoologia 19: 101-116.

Alexander, B.A. & C.D. Michener. 1995. Phylogenetic studies of the families of short-tongued bees (Hymenoptera: Apoidea). University of Kansas Science Bulletin, Lawrence 55: 377-424.

Almeida, J.I.L., J.G.V. Lopes & F.M.M. Oliveira. 2002. Produtor de acerola. Fortaleza: Edições Demócrito Rocha, Instituto Centro de Ensino Tecnológico, 40p.

Alves dos Santos, I. 2003. Trap-nesting bees and wasps on the University Campus in São Paulo, Southeastern Brazil (Hymenoptera: Aculeata). *J. Kansas Entomol. Soc* 76: 328-334.

Alves dos Santos, I., Machado, I.C. & M.C. Gaglianone. 2007. História Natural das abelhas coletoras de óleo. Oecol. Bras. 11:544-557.

Alves, J.E., & B.M. Freitas. 2007. Requerimentos de polinização da goiabeira. Ciência Rural, Santa Maria, 37: 1281 – 1286.

Alves, R.E., Menezes, J.B. 1995. Botânica da Aceroleira. *In*: SÃO JOSÉ, A.R.; ALVES, A.E.(Eds.) Cultura da acerola no Brasil: produção e mercado. Vitória da Conquista: Departamento de Fitotecnia e Zootecnia/ Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, p.7-14.

Anderson, W.R. 1990. The origin of the Malpighiaceae - The evidence from morphology. Mem. New York Botan. G. 64: 210-224.

Baltra, S.W.T. 1984. Solitary bees. Scient. Am. 259: 120-127.

Camillo, E., C.A. Garófalo., J.C. Serrano & G. Muccillo. 1995. Diversidade e abundância sazonal de abelhas e vespas solitárias em ninhos armadilhas (Hymenoptera, Apocrita, Aculeata). Rev. Bras. Entomol., 39: 459-470.

Cocucci, A.A., A. Sérsic, & A. Roig-Alsina. 2000. Oil-collecting structures in Tapinotaspidini: their diversity, function and probable origin. Mitteilungen Muenchener Entomologischen Gesellschaft, 90: 51-74.

Costa, C.C.F. & R.B. Gonçalves. 2019. What do we know about Neotropical trap-nesting bees? Synopsis about their nest biology and taxonomy. Pap. Avulsos Zool. 59: 1-16.

Cunha, R. & B. Blochtein. 2003. Estrutura de ninhos de *Monoeca xanthopyga* (Hymenoptera, Apoidea, Tapinotaspidini) no Planalto das Araucárias, Rio Grande do Sul, Brasil. Biociências, Porto Alegre, 10: 25-33.

Delaplane, K.S., Dag, A, R.G. Danka, B.M. Freitas, L.A. Garibaldi, R.M. Goodwin & J.I. Hormaza. 2013. Standard methods for pollination research with *Apis mellifera*. Journal of Apicultural Research, 52: 1-28.

Free, J.B. 1993. Insect pollination of crops. Academic press, Ed. 2.

Freitas, B.M. 1999. Pollination requirements of West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) and its putative pollinators, *Centris* bees, in NE Brazil. Journal of Agricultural Science, Cambridge 133: 303-311.

Freitas, B.M & J.O.P. Pereira. 2004. Crop consortium to improve pollination: can West Indian cherry (*Malpighia emarginata*) attract *Centris* bees to pollinate cashew (*Anacardium occidentale*). Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. 1ed. Fortaleza: Imprensa Universitária da UFC, p. 193-201.

Freitas, B.M., A.J.S. Pacheco filho, P.B. Andrade, C.Q. Lemos, E.E.M. Rocha, N.O. Pereira, A.D.M. Bezerra, D.S. Nogueira, R.L. Alencar, R.F. Rocha & K.S. Mendonça. 2014. Forest remnants enhance wild pollinator visits to cashew flowers and mitigate pollination deficit in NE Brazil. Journal of Pollination Ecology, 12: 22-30.

Fouqué, A. 1973. Espèces fruitières d'Amérique tropicale. Fruits, v. 28 (7/8): 548-558.

Gaglianone, M.C. 2001. Nidificação e forrageamento de *Centris* (*Ptilotopus*) *scopipes* Friese (Hymenoptera, Apidae). Rev. Bras. Zool. 18(supl.1):107-117.

Gaglianone, M.C. 2003. Abelhas da Tribo Centridini na Estação Ecológica de Jatai: composição de espécies e interações com flores de Malpighiaceae. In Apoidea Neotropica, G.A.R. Melo & I. Alves-dos-Santos, eds. UNESC, Criciúma, p.279-284.

Garófalo, C.A., C.F. Martins & Alves-dos-Santos, I. 2004. The Brazilian solitary bee species caugth in trap nests. p. 77-84. *In*: B.M. Freitas & J.O.P. Pereira (eds.). Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza: Imprensa Universitária.

Garófalo, C.A. 2000. Comunidades de abelhas (Hymenoptera, Apoidea) que utilizam ninhos-armadilhas em fragmentos de matas do Cerrado de São Paulo. Pp. 121-128. *In*: Anais do IV Encontro sobre Abelhas de RibeirãoPreto, Ribeirão Preto, Brasil.

Gazola, A.L. 2003. Trap-nesting bees (Hymenoptera: Apoidea) in forest fragments of the State of São Paulo, Brazil. Genetics and Molecular Research, 8:607-22.

Giannini, T.C., G.D. Cordeiro, B.M. Freitas, A.M. Saraiva & V.L. Imperatriz-Fonseca, 2015. The dependence of crops for pollinators and the economic value of pollination in Brazil. Journal of Economic Entomology, 108: 849-857.

Gomes, J.E. **2001.** Morfologia Floral e Biologia Reprodutiva de Genótipos de Aceroleira. Scientia Agricola, São Paulo, 58: 519-523.

Guedes, R.S., F.C.V. Zanella, C.F. Martins & C. Schlindwein. 2011, Déficit de polinização da aceroleira no período seco no semiárido paraibano. Revista Brasileira de Fruticultura, 33: 465-471.

Klein, A.M., B.E. Vaissière, J.H. Cane & I. Steffan-Dewenter . 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proceedings of The Royal Society, 274: 303-313.

Krombein, K. 1967. Trap-nesting wasps and bees. Life-histories, nests and associates. Washington. Smithsonian Press.

Lima, M.C. de & S.A. de Rocha. 2012. Efeitos dos agrotóxicos sobre as abelhas silvestres no BRASIL. Brasília - DF: IBAMA, 88 p.

Malerbo-Souza, D.T & A.L. Halak. 2013.Agentes polinizadores e produção de grãos em cultura de café arábica cv. "Catuaí Vermelho". Científica 40: 01-11.

Magalhães, C.B & B.M. Freitas. 2013. Introducing nests of the oil-collecting bee Centris analis (Hymenoptera: Apidae: Centridini) for pollination of acerola (Malpighia emarginata) increases yield. Apidologie 44: 234-239.

Magalhães, T. L & I.G.V. Venturieri. 2010. Aspectos econômicos da criação de abelhas indígenas sem ferrão (Apidae: Meliponini) no Nordeste paraense. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 36 p.

Marino Neto, L. 1986. Acerola: a cereja tropical. São Paulo: Nobel. 94 p.

Martins, A.C. 2002. The New World oil-collecting bees *Centris* and *Epicharis* (Hymenoptera, Apidae): Molecular phylogeny and biogeographic history. Zoologica Scripta, 45: 22-33.

Martins, C.G.M., M.C.A. Lorenzon & J.L. Baptista. **1999**. Eficiência de tipos de polinização em acerola. Revista Caatinga, 12: 55-59.

Melo, R.R & F.C.V. Zanella. 2012. Dinâmica de fundação de ninhos por abelhas e vespas solitárias (Hymenoptera, Aculeta) em área de caatinga na estação ecológica do Seridó. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife 7: 657-662.

Melo. G.A.R., A.P. Aguiar & B.R. Garcete–Barrett. 2008. Hymenoptera. *In*: Rafael J, Melo GAR, Carvalho CJB, Casari AS, Constantino R (Eds). Insetos do Brasil. Diversidade e Taxonomia. Holos, Ribeirão Preto: pp 553–612.

Melo, G.A.R. & M.C Gaglianone. 2005. Females of *Tapinotaspoides*, a genus in the oil-collecting bee tribe Tapinotaspidini, collect secretions from non-floral trichomes (Hymenoptera, Apidae). Rev. Bras. Entomol. 49: 167-168.

Michener, C.D. 2000. The Bees of the World. The Johns Hopkins University Press. Baltimore, Maryland.

Michener, C.D. 1979. Biogeography of the bees. Annals of the Missouri Botanical Garden 66: 277-347.

Michener, C.D. 2007. The bees of the world. 2ed. London: The Johns Hopkins University Press.

Morato, E.F. 2001. Estudos sobre comunidades de abelhas Euglossini, 135-143 pp. *In:* Anais do III Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto, Brasil.

Morato, E.F. & L.A. Campos. 2000. Biologia de *Centris* Fabricius (Hymenoptera, Anthophoridae, Centridini) em matas contínuas e fragmentos na Amazônia Central. Revista Brasileira de Zoologia, 16: 1213-1222.

Moure, J.S., G.A.R. Melo & A. DalMolin, 2007. *Megachilini Latreille*, 1802, p 944-1000. *In* Moure, J. S., Urban, D. & Melo, G. A. R. (Orgs). Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region. Curitiba, Sociedade Brasileira de Entomologia, xiv + 1058p.

Moura, C.F.H., R.E. Alves & J.R. Paiva. 2002. Avaliação de clones de aceroleira (Malpighia emarginata D.C.) na região da Chapada do Apodi-CE. *In*: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17., 2002, Belém, Anais. Belém: SBF.

MMA (Ministério do Meio Ambiente). 2007. Mapas de cobertura vegetal dos biomas brasileiros. Brasília: MMA. Atualização e complementação do macrozoneamento ecológico-econômico da bacia hidrográfica do rio São Francisco. Revisão Final, Tomo II, nov.2016.

McGregor, S.E. 1976. Insect pollination of cultivated crop plants. Agriculture Research Service United States Departament of Agriculture, Washington, DC., 399 pp.

Nogueira, R.J.M.C., J.A.P.V. Moraes & H.A. Burity. 2002. Efeito do estádio de maturação dos frutos nas características físico-químicas de acerola. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, 37: 463-470.

Nunes, E.S., F.A. D´Araújo Couto & V.B. Braz. 2002. Seleção de genótipos de aceroleira (*Malpighia* Spp.). *In*: Congresso Brasileiro de Fruticultura, 17., 2002, Belém, Anais. Belém: SBF.

Oliveira, P.S & R.B. Gonçalves. 2017. Trap-nesting bees and wasps (Hymenoptera, Aculeata) in a Semidecidual Seasonal Forest fragment, southern Brazil. Papéis Avulsos de Zoologia, 57: 149-156.

Perillo, L.N., F.S. Neves, Y. Antonini & R.P. Martins. 2017. Compositional changes in bee and wasp communities along Neotropical mountain altitudinal gradient. PLoS One, 12: 1-14

Rego, M. M., P.M. Albuquerque, M.C. Ramos & L.M. Carreira. 2006. Aspectos da biologia de nidificação de *Centris flavifrons* (Friese) (Hymenoptera: Apidae, Centridini), um dos principais polinizadores do murici (*Byrsonima crassifolia* L. Kunth, Malpighiaceae), no Maranhão. Neotropical Entomology, 35: 579-587.

Renner, S. S. & H. Schaefer. 2010. The evolution and loss of oil-offering flowers: new insights from dated phylogenies for angiosperms and bees. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences, 365: 423-435.

Rêgo, M. & Albuquerque, P. 2006. Redescoberta de *Melipona subnitida* Ducke (Hymenoptera: Apidae) nas restingas do Parque Nacional dos Lençóis Maranhenses, Barreirinhas, MA. Neotropical Entomology, 35: 416-417.

Ritzinger, R. & C.H.S.P. Ritzinger. 2011. Acerola. Cultivo tropical de fruteiras, Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 32: 17-25.

Roubik, D.W. 1989. Ecology and natural history of tropical bees. Cambridge University Press 514p.

Silveira, F.A., G.A.R. Melo,. & E.A.B. Almeida. 2002. Abelhas brasileiras: sistemática e identificação. 1ª ed. Belo Horizonte: Fernando A. Silveira. 253p.

Schlindwein, C. 2000. A importância de abelhas especializadas na polinização de plantas nativas e conservação do meio ambiente. Pp. 131-141. *In*: Anais do IV Encontro sobre Abelhas, Ribeirão Preto, Brasil.

Teixeira, L. A. G.; Machado, I. C. 2000. Sistema de polinização e reprodução de *Byrsonima sericea* DC (Malpighiaceae). Acta Botanica Brasilica, 14: 347-357.

Vendramini, A.L.; Trugo, L.C. **2000.** Chemical composition of acerola fruit (*Malpighia glabra* L.) at three stages of maturity. Food Chemistry, London, 71: 195-198.

Velthuis, H. H. W.; Van Doorn, **A. 2006**. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. Apidologie, 37: 421-451.

Viana, B.F., O.S. Fabiana & M.P.K. Astrid. 2001. Diversidade e sazonalidade de abelhas Solitárias (Hymenoptera: Apoidea) em dunas litorâneas no nordeste do Brasil. Neotropical Entomology, 30: 245-251.

Vilhena, A. M. G. F.; Augusto, S. C. 2007. Polinizadores da aceroleira Malpighia emarginata DC (Malpighiaceae) em área de Cerrado no Triângulo Mineiro. Bioscience Journal, Uberlândia, 23: 14-23.

Vogel, S. 1974. Ölblumen und ölsammelnde bienen. Tropische subtropische Pflanzenwelt 7. Steiner, Wiesbaden, p.267.

Vogel S. 1969. Flowers offering fatty oil instead of nectar. In: Abstracts XI. Int Bot Congress Seattle, pp. 229.

Wolowski, M.; Agostini, K.; Rech, A. R.; Varassin, I. G.; Maués, M.; Freitas, L.; Carneiro, L. T.; Bueno, R. O.; Consolaro, H.; Carvalheiro, L. Saraiva, A. M.; Silva, C. I. 2018. Plataforma Brasileira de Biodiversidades e Serviços Ecossistêmicos. Sumário para tomadores de

decisão: 1º relatório temático sobre polinização, polinizadores e produção de alimentos no Brasil. Campinas, SP. 2018. 20 p.

Zanella, F. C. V. 2008. Dinâmica temporal e espacial de abelhas solitárias no semi-árido do Nordeste do Brasil. In: D. D. Jong, T. M. Francoy & W. C. Santana (Eds.), VIII Encontro sobre abelhas: biodiversidade e uso sustentado de abelhas. pp. 284–291. Ribeirão Preto: FUNPEC Editora.

Zanella, F.C.V. & C. F. Martins. 2003. Abelhas da Caatinga: biogeografia, ecologia e conservação, p. 75-134. *In*: I.R. Leal. M. Tabarelli & J.M.C. Silva. Ecologia e conservação dacaatinga. Recife: Ed. Universitária da UFPE, 828p.

CAPÍTULO 2

MANEJO DE *Centris analis* (Fabricius, 1804) (HYMENOPTERA: APIDAE): INVESTIGANDO AS DIMENSÕES IDEAIS DE NINHOS-ARMADILHA PARA USO NA POLINIZAÇÃO DE CULTURAS

GEOGE CARLOS VIEIRA DA SILVA

Departamento de Agronomia – Entomologia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Dom Manoel de Medeiros s/n, Dois Irmãos, 52171-900 Recife, PE, Brasil

[1] Silva, G.C.V. Cristaldo, P.F. & Parizotto, D. R. Manejo de *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae): investigando as dimensões ideais de ninhos-armadilha para uso na polinização de culturas. A ser submetido a revista Neotropical Entomology.

RESUMO - *Centris analis* (FAbricuis, 1804) é uma espécie de abelha solitária, multivoltina e frequentemente registrada em estudos envolvendo ninhos-armadilha. Essa espécie é considerada uma excelente candidata para a polinização de algumas culturas agrícolas, mas ainda são necessários estudos adicionais que otimizem a sua criação racional. O objetivo do presente estudo foi analisar o efeito de diferentes comprimentos e diâmetros de ninhos-armadilha na escolha das fêmeas, bem como no número de células construídas, taxa de mortalidade, parasitismo e razão sexual em Paudalho, Pernambuco, Brasil. Para isso foram utilizados ninhos-armadilha de diferentes dimensões, com cavidades de 8 a 12 cm de comprimento e de 6 a 8 mm de diâmetro. Os resultados demonstraram que as fêmeas preferiram as cavidades mais estreitas (6 e 7 mm de diâmetro) e duas das cavidades mais longas (10 e 12 cm de comprimento). O maior número de células construídas foi observado nos comprimentos mais utilizados e ainda os diferentes diâmetros e comprimentos testados não afetaram a mortalidade, parasitismo ou a razão sexual. Com base nos dados obtidos, nós recomendamos o uso das cavidades mais estreitas e mais longas entre as dimensões examinadas. As análises combinadas dos parâmetros testados (diâmetro e comprimento) apresentam dados inéditos que objetivam incrementar as técnicas de criação e manutenção de populações de *C. analis.*

PALAVRAS-CHAVE: Abelha coletora de óleo; biologia da nidificação, Centridini, polinização de culturas

MANAGEMENT OF *Centris analis* (Fabricius, 1804) (HYMENOPTERA: APIDAE): INVESTIGATING THE IDEAL DIMENSIONS OF TRAP-NESTS TO USE IN CROP POLLINATION

ABSTRACT – *Centris analis* is a solitary, cavity-nesting, multivoltine species often recorded in trap-nest studies. This species is considered a good candidate to be a manageable pollinator in some orchards, but further studies are still needed to optimize the rational rearing. The aim this study was to analyze the effects of different lengths and diameters of trap-nest in the female choice, number of constructed cells, mortality rate, parasitism rate, and sex ratio in Paudalho, Pernambuco, Brazil. We used compact trap-nests with internal diameter of the tubes ranging from 6 to 8 mm, and lengths from 8 to 12 cm. The results showed that females prefer the narrowest cavities (6 and 7 mm) and the two longest cavities (10 and 12 cm). The greatest number of cells built was observed in the most used lengths. The tested lengths did not affect the mortality, parasitism, or the sex ratio. Based on the data obtained in the present study, we recommend the use of the narrowest and longest cavities among the dimensions examined. The combined analyzes of the tested parameters (diameter and length) demonstrated new data that can increase the techniques of rearing and maintenance of *C. analis* populations.

KEY WORDS: Centridini, crop pollination, nesting biology, oil-collecting bee

Introdução

As abelhas solitárias possuem um enorme potencial para uso na polinização de várias espécies de plantas cultivadas, mas ainda não são utilizadas comercialmente no Brasil. Muitas espécies são apontadas como polinizadoras efetivas de algumas culturas no país, mas a falta de conhecimento sobre a biologia e métodos de criação apropriados são os principais impeditivos do seu uso racional (Giannini *et al.* 2015; Bosch *et al.* 2008). Entre as espécies solitárias, abelhas da tribo Centridini destacam-se como potenciais polinizadoras de diversas culturas no Brasil, como por exemplo, o maracujazeiro (Gaglianone *et al*. 2010), goiabeira (Boti 2001), cajueiro (Freitas 1997), muricizeiro (Rego *et al*. 2006), tamarindeiro (Castro 2002) e aceroleira (Duarte & Schlindwein 2003). A maioria das espécies da tribo nidifica no solo, mas algumas espécies de *Centris* (subgêneros *Heterocentris, Hemisiella*) nidificam em cavidades preexistentes e são relativamente comuns em estudos envolvendo ninhos-armadilha (Garófalo *et al.* 2015). Esse hábito permite estudar a biologia dessas espécies mais facilmente e reforçam a possibilidade de criações em larga escala para uso em programas de polinização.

*Centris analis (*Fabricius, 1804) é uma espécie que nidifica em ninhos-armadilha e que é capaz de colonizar uma ampla variedade de cavidades, incluindo diferentes materiais e dimensões (Santos *et al.* 2020). A espécie é multivoltina e amplamente distribuída, ocorrendo do México ao sul do Brasil (Moure & Melo, 2012). *Centris analis* é considerada uma candidata promissora para programas de polinização por ser efetiva polinizadora de espécies nativas e cultivadas, como a aceroleira (Magalhães & Freitas, 2013; Alonso *et al.* 2012; Oliveira & Schlindwein, 2009). Aspectos biológicos da espécie, incluindo comportamento de nidificação (Jesus e Garófalo, 2000), preferências florais (Santos *et al.* 2013; Dórea *et al.* 2010) e inimigos naturais (Gazola & Garófalo, 2003; Parizotto, 2019) são bem conhecidos, porém as técnicas para a multiplicação e manejo destes ninhos ainda são pouco estudadas (Magalhães & Freitas, 2013).

Em abelhas solitárias que nidificam em cavidades preexistentes, as dimensões dos ninhos-armadilha podem influenciar alguns aspectos biológicos, dos quais destacam-se a escolha das cavidades pelas fêmeas, a razão sexual, o tamanho corpóreo, a longevidade da progênie, o número de células construídas, a taxa de mortalidade e o parasitismo (Bosch & Kemp, 2002, Alonso *et al.* 2020; Seidelmann *et al.* 2016; Torchio & Tepedino, 1980; O´Neill *et al.* 2010). Cavidades pequenas (estreitas e/ou curtas) limitam o aprovisionamento de recursos, resultando em uma progênie menor e ainda tendem a produzir uma maior proporção de machos (Tepedino & Torchio, 1989; O'Neill, 2010; Seidelmann *et al.* 2016). Em criações racionais, voltadas para a polinização de culturas, alguns desses parâmetros podem ser manipulados com o propósito de diminuir os custos de energia dispendido pelas fêmeas na busca por novas cavidades e na construção dos ninhos e, concomitantemente, maximizar o número de fêmeas na população (Seidelmann *et al.* 2016). No entanto, poucos estudos investigam a relação conjunta entre o comprimento e o diâmetro dos ninhos utilizados pelas fêmeas com os parâmetros biológicos da progênie e da população (Tepedino & Torchio, 1989).

As dimensões ideais dos ninhos-armadilha em *C. analis* precisam ser levadas em consideração na busca por um modelo otimizado (Oliveira & Schlindwein, 2009; Alonso *et al*., 2011; Santos *et al*. 2020). Estudos envolvendo o efeito do comprimento dos ninhos na preferência das fêmeas, razão sexual e mortalidade foram investigados em estudos prévios (Alonso *et al.* 2012; Pina & Aguiar, 2011; Moure-Oliveira, 2017; Santos *et al.* 2020). Porém, ainda é necessário investir em novas pesquisas com comprimentos mais longos e incluir diferentes diâmetros para obter dados mais consolidados para a espécie. Por isso, o objetivo principal desse estudo foi investigar a escolha e os efeitos das dimensões (comprimento e diâmetro) de ninhos artificiais em alguns parâmetros biológicos da nidificação de *C. analis.* Para isso, nós fizemos as seguintes perguntas: (1) Ninhos mais longos e/ou mais largos são preferidos pelas fêmeas? (2) O diâmetro e

o comprimento dos ninhos influenciam a proporção de machos e fêmeas? (3) A taxa de mortalidade e/ou taxa de parasitismo podem ser afetadas pelas dimensões dos ninhos? Ainda, a partir da análise desses dados combinados, nós discutimos um modelo de ninho-armadilha visando otimizar a criação e manutenção de *C. analis*. Nossos resultados podem contribuir para um modelo de ninho que contribua para uma maior produção de frutos em programas de polinização aplicada.

Material e Métodos

Área de estudo. O estudo foi conduzido na fazenda Acerolândia, localizada no município de Paudalho, Pernambuco (07º51' S, 35º15' W), durante o período de novembro de 2016 a dezembro de 2017. O município está inserido na mesorregião da zona da mata Pernambucana, com clima do tipo tropical úmido ('*AS*') segundo classificação de Köppen, caracterizado por apresentar duas estações bem definidas, um período chuvoso que se estende de março a agosto e um período seco de setembro a fevereiro com temperatura média anual de 24°C e precipitação média anual de 1.560 mm (Medeiros *et al.* 2018, APAC, 2021). O local corresponde ao primeiro cultivo comercial de acerola introduzido no Brasil através da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) por meio de sementes oriundas de Porto Rico (Ritznger & Ritzinger 2011). A área inclui 6.000 aceroleiras em 4 ha, além de pastagens e alguns pequenos cultivos de *Annona muricata* L. (graviola), *Passiflora edulis* Sims. (maracujá), *Carica papaya* L. (mamão) e *Cocos nucifera* L. (coco). A região é pouco urbanizada, contendo pasto, cultura de cana-de-açúcar e pequenos remanescentes de Floresta Atlântica. O experimento foi conduzido na mesma área do estudo de Oliveira & Schlindwein (2009).

Ninhos armadilhas. Para obter os ninhos de *Centris analis* foram instalados ninhos armadilha do tipo compacto, confeccionado de forma semelhante ao modelo proposto por Jesus & Garófalo (2000), com algumas modificações. O ninho consiste em um tubo de cartolina preta com o final fechado, o qual é inserido em orifícios horizontais em blocos de madeira. Cada bloco de madeira continha 30 perfurações tubulares, espaçadas 2cm e distribuídos em três fileiras, com diâmetro interno de 6mm, 7mm e 8mm, totalizando 240 ninhos-armadilha. A escolha dos diâmetros foi feita com base nos resultados de preferência obtidos por Oliveira & Schlindwein (2009). Foram utilizados cinco comprimentos, entre 8 e 12 cm. Os ninhos armadilhas foram instalados na área de

cultivo de acerola a 1.50m do solo, suspensos por cordas e protegidos por um telhado de plástico para proteção de sol e chuva. Os ninhos foram inspecionados semanalmente com o auxílio de um otoscópio e aqueles que estavam fechados eram substituídos por outro com as mesmas dimensões. Os ninhos ocupados foram transferidos para o laboratório e mantidos em temperatura ambiente até a emergência dos adultos. Quinze dias após a emergência, cada ninho foi aberto para avaliar o número de células construídas e o número de imaturos mortos.

Para cada tipo de cavidade (6, 7, e 8 mm) e comprimento (8, 9, 10, 11 e 12 cm) foram calculadas cada variável resposta. As variáveis adotadas foram: (a) preferência de ocupação; (b) número de células construídas por ninho; (c) taxa de mortalidade; (d) número de parasitas por ninho. Nós também hipotetizamos que ninhos mais longos poderiam afetar a razão sexual por ninho: (e) diminuindo a razão de machos.

Análises estatísticas. Os dados foram analisados no software R (R Development Core, 2019) utilizando o pacote "*lme4"*. A preferência de ocupação nos ninhos por diâmetro e comprimento foi analisado utilizando teste do Qui-quadrado (χ^2), independente para cada parâmetro. A fim de verificar se a razão sexual difere de 1:1, os dados por diâmetro e comprimento foram analisados utilizando teste do Qui-quadrado (χ^2). O efeito do comprimento (*x-var)* no número de células construídas, taxa de mortalidade, taxa de mortalidade por parasitismo, número de machos, número de fêmeas e na razão sexual (*y-vars*) foi verificado por meio de Modelos Lineares Generalizados Mistos (GLMM) com distribuição Poisson. Os fatores "*bloco"* e *"mês"* foram incluídos no modelo como fator aleatório. O uso dessa abordagem estatística foi necessário porque as amostragens realizadas dentro de cada bloco por mês não eram independentes uma das outras.

Testes de verossimilhança (*Likelihood ratio tests*) foram usados para comparar os modelos completos a um modelo nulo composto apenas pelos efeitos aleatórios. Uma análise independente foi realizada para cada varíavel *y* em cada um dos diâmetros testados. Por fim, a distribuição de erro e o ajuste do modelo foram avaliados por meio de Análise de Resíduo.

Resultados

Fenologia e escolha dos ninhos-armadilha. Durante o período de estudo as fêmeas de *C. analis* construíram um total de 86 ninhos e 300 células, com uma maior frequência de ocupação e de células construídas ocorrendo no período mais quente e seco do ano, entre os meses de novembro a maio (Figs. 1 e 2). O número de células construídas por ninho variou de um a oito, sendo quatro (23,2%) e cinco células (17,4%) os mais frequentes. As fêmeas ocuparam 48, 33 e 05 cavidades de 6,0mm, 7,0mm e 8,0mm de diâmetro, respectivamente. Houve uma maior preferência de ocupação por ninhos de 6 mm (55,81%), seguido por ninhos com 7 mm de diâmetro (38,37%). Ninhos com 8 mm de diâmetro apresentaram menor preferência de ocupação (5,82%) (χ^2= 38,62, *g.l.*= 2, *P*< 0,001). Entre os diferentes comprimentos testados, as fêmeas usaram 10, 15, 27, 13 e 21 ninhos de 8, 9, 10, 11 e 12 cm, respectivamente. Houve uma maior preferência de ocupação por ninhos de 10 cm (31,40%), seguido por ninhos com 12 cm de comprimento (24,42%). Ninhos com 9, 11 e 8 cm de comprimento apresentaram menor preferência de ocupação (17,44%, 15,12% e 11,63%, respectivamente) (χ^2= 12,49, *g.l.*= 4, *P*= 0,01).

Número de células construídas. Nos ninhos de 6 mm de diâmetro, o número de células foi afetado significativamente pelo comprimento do ninho (GLMM: *Chisq*= 15,20, d.f.= 4, *P*= 0,004). O maior número de células construídas foi observado nos comprimentos de 10 e 12 cm.

Não existe diferença significativa no número de células construídas nos comprimentos de 8, 9 e 11 cm (Fig. 3A).

O número de células também foi afetado significativamente pelo comprimento nos ninhos com 7 mm de diâmetro (GLMM: *Chisq*= 30,24, d.f = 4, *P*< 0,001). O maior número de células construídas foi observado no comprimento de 10 cm, seguido pelos comprimentos de 9, 11 e 12 cm. O menor número de células construídas ocorreu nos ninhos com comprimento de 8 cm (Fig. 3B).

Nos ninhos com 8 cm de diâmetro, o número de células não foi afetado significativamente pelo comprimento do ninho (GLMM: *Chisq*= 8,60, d.f = 4, *P*< 0,07).

Mortalidade e parasitismo. Dentre as 300 células construídas, emergiram 168 indivíduos de *C. analis* e 32 indivíduos do cleptoparasita *Coelioxys nigrofimbriata* Cockerell, 1919. As células restantes (33%) continham imaturos mortos por causas desconhecidas. Nos ninhos com 6 mm e 8 mm de diâmetro, a mortalidade e o parasitismo não foram afetados significativamente pelo comprimento do ninho (GLMM: 6 cm: Mortalidade: *Chisq*= 2,43, d.f.= 4, *P*= 0,65; Parasitismo: *Chisq*= 3,37, d.f.= 4, *P*= 0,49; 8 cm: Mortalidade: *Chisq*= 1,92, d.f.=4, *P*= 0,74; Parasitismo: *Chisq*= 0,44, d.f.=4, *P*= 0,97) (Tabela 1).

Nos ninhos com 7 mm de diâmetro, a mortalidade foi afetada significativamente pelo comprimento do ninho (GLMM: *Chisq*= 18,19, d.f.=4, *P*= 0,001) (Tabela 1). Ninhos com comprimento de 10 e 12 cm apresentam uma maior mortalidade comparado com ninhos com 8, 9 e 11 cm. Por outro lado, o parasitismo não foi afetado significativamente pelo comprimento do ninho (GLMM: *Chisq*= 2,26, d.f.=4, *P*= 0,68) (Tabela 1).

Razão sexual. A razão sexual dos 168 indivíduos adultos de *C. analis* que emergiram foi de 53% de machos e 47% de fêmeas e não difere de 1:1 (Fig. 4). Nos ninhos com 6 e 8 mm de diâmetro, a razão sexual não foi afetada significativamente pelo comprimento do ninho (GLMM: 6 cm: *Chisq*= 6,79, d.f.=4, *P*= 0,14; 8 cm: *Chisq*= 3,02, d.f.=4, *P*= 0,55). Nos ninhos com 7 mm de diâmetro, a razão sexual foi afetada significativamente pelo comprimento do ninho (GLMM: *Chisq*= 12,91, d.f.=4, *P*= 0,01) (Tabelas 1 e 2).

Discussão

Centris analis é uma espécie multivoltina que apresenta picos de atividade relacionados aos fatores climáticos e a disponibilidade de recursos locais. Nos pomares de Paudalho, a frequência de nidificação foi maior entre os meses de novembro a maio (88% do total de ninhos), com diminuição da atividade das fêmeas nos meses mais úmidos do ano. Períodos similares, com uma maior ocupação de ninhos nos meses mais quentes e secos, também foram observados em cultivos de acerola, na região semiárida da Bahia (Pina & Aguiar 2011), e em áreas de plantio temporário e agricultura familiar (Santos *et al.* 2020). *Centris analis* também apresentou maior atividade entre os meses de outubro a abril em estudos conduzidos na região sudeste, em São Paulo (Alonso *et al.* ,2012; Moure-Oliveira *et al.* 2017; Jesus & Garófalo, 2000). A maior frequência de nidificação ocorreu no período mais quente e úmido, com uma diminuição significativa ou mesmo ausência de atividades no período mais frio e seco. A sazonalidade demonstrada por *C. analis* nas diferentes regiões do país está relacionada as condições climáticas (temperatura e umidade) e a disponibilidade de recursos, porém a influência de cada um desses fatores ainda é pouco compreendida.

Fêmeas de abelhas solitárias baseiam a escolha das dimensões dos ninhos-armadilha conforme o seu tamanho corpóreo, não conseguindo ocupar cavidades muito estreitas e evitando ninhos largos, que demandem um maior custo energético na construção do ninho (Bosch & Kemp, 2002; Tepedino & Torchio, 1989). No presente estudo, observou-se que as fêmeas de *C. analis* construíram um maior número de ninhos (*N*=86) quando comparado ao estudo prévio conduzido na mesma área (número total = 65, ninhos compactos = 17; Oliveira & Schlindwein 2009)). O resultado obtido no primeiro levantamento possivelmente foi influenciado pelos diâmetros oferecidos (entre 5 e 12mm), com ocupação de *C. analis* restrita aos tubos de 6 a 8mm. *Centris analis* apresenta uma plasticidade no uso de ninhos de diâmetros entre 0.48 e 1 cm, embora exista uma preferência por ninhos de 6 a 8 milímetros (Pina *et al.* 2011; Oliveira & Schlindwein, 2009; Jesus & Garófalo, 2000; Santos *et al.* 2000). Os nossos dados corroboram essa preferência, e ainda sugerem que os ninhos de 6 e 7mm são mais utilizados em comparação com os ninhos de 8 mm. Investir em medidas mais específicas de ninhos é uma estratégia importante para obter sucesso no estabelecimento inicial e na manutenção das populações de uma determinada espécie de interesse (Bosch & Kemp, 2002; Alonso *et al.* 2012).

Entre os diferentes comprimentos testados, as fêmeas utilizaram com maior frequência dois dos três comprimentos mais longos (10 e 12cm). Os nossos resultados demonstraram ainda que as fêmeas de *C. analis* construíram um maior número de células nesses ninhos (6 e 7 mm de diâmetro) e que os ninhos mais curtos (8 cm) foram os menos utilizados e também os que continham o menor número de células construídas. Cavidades mais longas também foram significativamente mais utilizadas que cavidades mais curtas pelas fêmeas de *C. analis* (Pina & Aguiar 2011). Em contrapartida, Alonso *et al.* (2012) observaram preferência por ninhos mais curtos em uma das áreas amostradas, enquanto nas outras duas áreas não houve preferência por nenhum dos comprimentos oferecidos. O uso de cavidades mais longas pode ser uma estratégia

vantajosa pois permite que a fêmea tenha um menor custo energético na busca e estabelecimento de novos ninhos (Santos *et al.* 2020).

As dimensões dos ninhos-armadilha podem afetar não apenas a preferência de uso ou número de células construídas pelas abelhas solitárias, mas também aspectos biológicos da progênie como a razão sexual, o tamanho dos indivíduos e a taxa de mortalidade dos imaturos (Bosch & Kemp, 2002). Os nossos dados não demonstraram correlação entre as dimensões dos tubos oferecidos e a taxa de parasitismo ou mortalidade, com exceção dos ninhos estabelecidos nos comprimentos de 10 e 12 cm (7 mm de diâmetro). Resultados semelhantes foram encontrados por Alonso *et al.* (2012), sugerindo que o comprimento não influencia os ataques de parasitas e a mortalidade dos imaturos por causas desconhecidas em *C. analis.*

Ninhos-armadilhas mais longos podem influenciar a razão sexual, com o desvio para machos diminuindo conforme o comprimento do ninho aumenta. Essa hipótese já foi observada em diversas espécies que utilizam ninhos artificiais, como em *C. analis* (Moure-Oliveira *et al.*,2017; Alonso *et al.* 2012); *Osmia lignaria propinqua* Cresson (Tepedino & Torchio, 1989), *Osmia cornuta* (Latreille) (Bosch 1994), *Osmia bicornis* (Linnaeus) (Gruber *et al*. 2011) e *Hoplitis fulgida* Cresson (Tepedino & Parker, 1984). Os nossos resultados demonstraram que a razão sexual não diferiu de 1:1, o que pode indicar uma tendência de estabilidade entre ninhos mais longos. Ainda assim, futuros estudos são necessários para entender melhor essa estratégia e testar a possiblidade de um incremento no número de fêmeas utilizando tubos ainda mais longos.

Recomendações das dimensões dos ninhos para o manejo de *C. analis*

A escolha das dimensões ideiais de ninhos-armadilha é uma das estratégias necessárias para implementar programas de polinização de culturas (Bosch & Kemp, 2002; Gruber *et al.* 2011). O tipo de material utilizado na construção do ninho, o comprimento e o diâmetro são

alguns dos parâmetros mais estudados e consolidados para algumas espécies solitárias utilizadas em programas de polinização como *Megachile rotundata* (Bohart, 1962; O'Neill *et al.* 2010; Pitts-Singer & Cane, 2011) e *Osmia* spp. (Tepedino & Torchio, 1989; Gruber *et al.* 2011). No entanto, para *Centris analis,* ainda existem poucos estudos sobre essa temática, mesmo a espécie sendo apontada como uma candidata promissora para polinização no país (Oliveira & Schlindwein, 2009: Magalhães & Freitas, 2013).

O presente estudo adiciona informações sobre os parâmetros biológicos de *C. analis* através de uma análise combinada entre diferentes comprimentos e diâmetros. A partir desses dados, nós observamos que houve uma preferência de uso e um maior número de células construídas nos ninhos mais longos, sem alterações significativas na razão sexual, taxa de mortalidade ou parasitismo entre as diferentes dimensões testadas. Com base nesses dados, nós recomendamos o uso de tubos de seis e sete milímetros de diâmetro e que contenham pelo menos dez centímetros de comprimento. Cabe ressaltar que a estratégia da fêmea também está relacionada com outros aspectos como a idade, a disponibilidade de recurso e o aumento de parasitas na área (Moure-Oliveira *et al.* 2017). Esses parâmetros também precisam ser monitorados localmente e levados em consideração em futuros planos de manejo envolvendo *C. analis*, bem como outras espécies de abelhas solitárias.

Referências

APAC - Agência Pernambucana de Águas e Clima. Informe/Agenda (2021) Comunicado - APAC (Monitoramento da precipitação e temperatura) Disponível em: http://www.pe.gov.br/orgaos/apac-agencia-pernambucana-de-aguas-e-clima/. Acesso dia 18 Abril 2021

Alonso JDS, Silva JF, Garófalo CA (2012) The effects of cavity length on nest size, sex ratio and mortality of *Centris* (*Heterocentris*) *analis* (Hymenoptera, Apidae, Centridini). Apidologie 43: 436-448

Bohart, GE (1972) Management of wild bees for the pollination of crops. Annu Rev Entomol 31: 49 – 65

Bosch J, Kemp WP (2002) Effect of pre-wintering and wintering temperature regimes on weight loss, survival, and emergence time in the mason bee *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae). Apidologie 359: 469–479

Bosch J (1994) The nesting behaviour of the mason bee *Osmia cornuta* (Latr) with special reference to its pollinating potential (Hymenoptera, Megachilidae). Apidologie 25: 84-93

Dórea MCV, Aguiar CML, Figueiroa LER, Lima LCL, Santos FAR (2010) Residual pollen in nests of C*entris analis (*Hymenoptera, Apidae, Centridini) in area of Caatinga vegetation from Brazil. Oecol Aust 14: 232-237

Garófalo CA, Martins CF, Alves-dos-Santos I (2015) The Brazilian solitary bee species caugth in trap nests. p. 77-84. *In*: B.M. Freitas & J.O.P. Pereira (eds.). Solitary bees: conservation, rearing and management for pollination. Fortaleza: Imprensa Universitária

Gazola AL, Garófalo CA (2003) Parasitic behavior of *Leucospis cayennensis* Westwood (Hymenoptera, Chalcidoidea, Leucospidae) and rates of parasitism in populations of *Centris* (*Heterocentris*) *analis* Fabricius (Hymenoptera, Apidae, Centridini). J Kansas Entomol Soc 76: 131-142

Gruber B, Eckel K, Everaars J, Dormann, CF (2011) On managing the red mason bee (*Osmia bicornis*) in apple orchards. Apidologie 42: 564–576

Jesus BMV, Garófalo CA (2000) Nesting behavior of *Centris* (*Heterocentris*) *analis* (Fabricius) in southeastern Brazil (Hym., Apidae, Centridini). Apidologie 31: 503-515. http://dx.doi.org/10.1051/ apido:2000142

Magalhães CB, Freitas BM (2013) Introducing nests of the oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini) for pollination of acerola (*Malpighia emarginata*) increases yield. Apidologie 44: 234-239

Medeiros, RM. Holanda RM, Viana MA, Silva VP (2018) Climate classification in Köppen model for the state of Pernambuco – Brazil. Rev Geografia 35: 219-234

Moure-Oliveira D, Rocha-filho LC, Ferreira-Caliman MJ, Garófalo CA (2017). Nesting dynamic and sex allocation of the oil-collecting bee *Centris* (*Heterocentris*) *analis* (Fabricius, 1804) (Apidae: Centridini). J Nat Hist 51: 1151-1168

Moure JS, Melo GAR (2012) Centridini Cockerell & Cockerell, 1901. *In*: Moure JS, Urban D, Melo GAR (Eds) Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region. – Online Version. http://moure.cria.org.br/index

O'Neill KM, Pearce AM, O'Neill RP, Miller RS (2010) Offspring size and sex ratio variation in a feral population of alfalfa leafcutting bees (Hymenoptera: Megachilidae). Ann. Entomol. Soc. Am. 103: 775–784

Oliveira R, Schlindwein C (2009) Searching for a manageable pollinator for acerola orchards: the solitary oil-collecting bee *Centris analis* (Hymenoptera: Apidae: Centridini). J Econ Entomol 102: 265-273

Parizotto DR (2019) Natural enemies of the oil-collecting bee *Centris analis* (Fabricius, 1804) with notes on the behavior of the cleptoparasite *Coelioxys nigrofimbriata* Cockerell, 1919 (Hymenoptera, Apidae). J Hymenopt Res 70: 1-16

Pina WC, Aguiar CML (2011) Trap-nesting bees (Hymenoptera: Apidae) in orchards of Acerola (*Malpighia emarginata*) in a semiarid region of Brazil. Sociobiology 58: 379-392

Pitts-Singer TL, Cane JH (2011) The alfalfa leafcutting bee, *Megachile rotundata*: The world's most intensively managed solitary bee. Annu Rev Entomol 56: 221 – 237

Santos RM, Aguiar CML, Dórea MC, Almeida G, Santos FAR, Augusto SC (2013) The larval provisions of the crop pollinator *Centris analis*: pollen spectrum and trophic niche breadth in an agroecosystem. Apidologie 44: 630–641

Santos CO, Peixoto PEC, Aguiar CML (2020) Cavity Length Affects the Occupation of Trap-Nests by Centris analis and Tetrapedia diversipes (Hymenoptera: Apidae). Sociobiology 67(2): 261-267

Seidelmann K (2016) Optimal progeny body size in a solitary bee, *Osmia bicornis* (Apoidea: Megachilidae). Ecol Entomol 39: 656–663

Tepedino VJ, Torchio PF (1989) Influence of nest hole selection on sex ratio and progeny size in *Osmia lignaria propinqua* (Hymenoptera: Megachilidae). Ann Entomol Soc Am 82: 355–360

Tepedino VJ, Parker FD (1984) Nest size, mortality and sex ratio in *Osmia marginata* (Michener). Southwest Entomol 8: 154-166

Torchio PF, Tepedino VJ (1980) Sex ratio, body size and seasonality in a solitary bee, *Osmia lignaria propinqua* Cresson, (Hymenoptera: Megachilidae). Evolution 34: 993–1003

Tabela 1. Efeito do comprimento do ninho na mortalidade, parasitismo, número de machos, número de fêmas e razão sexual de *Centris analis* em ninhos com diferentes diâmetros (6, 7 e 8 mm).

	Comprimento do ninho					**P**	
	8 cm	9 cm	10 cm	11 cm	12 cm		
6 mm de diâmetro							
Mortalidade	0,06±0,03	0,10±0,03	0,09±0,03	0,06±0,02	0,11±0,04	0,65	*n.s.*
Parasitismo	0,01±0,00	0,03±0,01	0,03±0,00	0,00±0,00	0,01±0,01	0,49	*n.s.*
Nº machos	0,01±0,01 **a**	0,06±0,02 **a**	0,12±0,04 **b**	0,05±0,03 **a**	0,08±0,03 **a**	0,03	*
Nº fêmeas	0,04±0,02	0,05±0,02	0,07±0,02	0,04±0,02	0,10±0,04	0,10	*n.s.*
Razão sexual	0,02±0,02	0,02±0,01	0,03±0,02	0,00±0,00	0,07±0,02	0,14	*n.s.*
7 mm de diâmetro							
Mortalidade	0,01±0,01 a	0,03±0,01 a	0,13±0,05 b	0,05±0,03 a	0,11±0,04 b	0,001	**
Parasitismo	0,00±0,00	0,00±0,00	0,02±0,01	0,02±0,01	0,01±0,01	0,68	*n.s.*
Nº machos	0,00±0,00	0,05±0,02	0,05±0,02	0,05±0,02	0,01±0,01	0,16	*n.s.*
Nº fêmeas	0,00±0,00 **a**	0,01±0,00 **a**	0,09±0,03 **b**	0,04±0,01 **a**	0,01±0,00 **a**	0,002	**
Razão sexual	0,00±0,00	0,00±0,00	0,03±0,01	0,02±0,01	0,00±0,00	0,01	*
8 mm de diâmetro							
Mortalidade	0,00±0,00	0,00±0,00	0,01±0,01	0,01±0,01	0,02±0,01	0,74	*n.s.*
Parasitismo	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,01±0,01	0,97	*n.s.*
Nº machos	0,00±0,00	0,01±0,01	0,00±0,00	0,00±0,00	0,03±0,03	0,55	*n.s.*
Nº fêmeas	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,01±0,01	0,97	*n.s.*
Razão sexual	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,00±0,00	0,55	*n.s.*

Tabela 2. Razão sexual dos indivíduos de *C. analis* produzidos em ninhos-armadilha de acordo com os diâmetros e comprimentos testados, de janeiro a dezembro de 2007.

	Razão sexual (obs:esp)	χ^2	***P***	
6 mm de diâmetro				
8 cm	0,3:1	2,27	0,13	*n.s.*
9 cm	1,37:1	0,47	0,49	*n.s.*
10 cm	1,66:1	2,00	0,15	*n.s.*
11 cm	1,8:1	1,14	0,28	*n.s.*
12 cm	0,86:1	0,53	0,46	*n.s.*
Total	1,12:1	0,33	0,56	*n.s.*
7 mm de diâmetro				
8 cm	1:1	0,00	1,00	*n.s.*
9 cm	1,3:1	0,14	0,70	*n.s.*
10 cm	0,57:1	1,63	0,20	*n.s.*
11 cm	1,14:1	0,06	0,79	*n.s.*
12 cm	1,5:1	0,20	0,65	*n.s.*
Total	0,89:1	0,17	0,67	*n.s.*
8 mm de diâmetro				
8 cm	0:1	0,00	1,00	*n.s.*
9 cm	2:1	0,33	0,56	*n.s.*
10 cm	0:1	1,00	0,31	*n.s.*
11 cm	0:1	1,00	0,31	*n.s.*
12 cm	2,5:1	1,28	0,25	*n.s.*
Total	1,4:1	0,33	0,56	*n.s.*

n.s.= razão sexual não difere de 1:1.

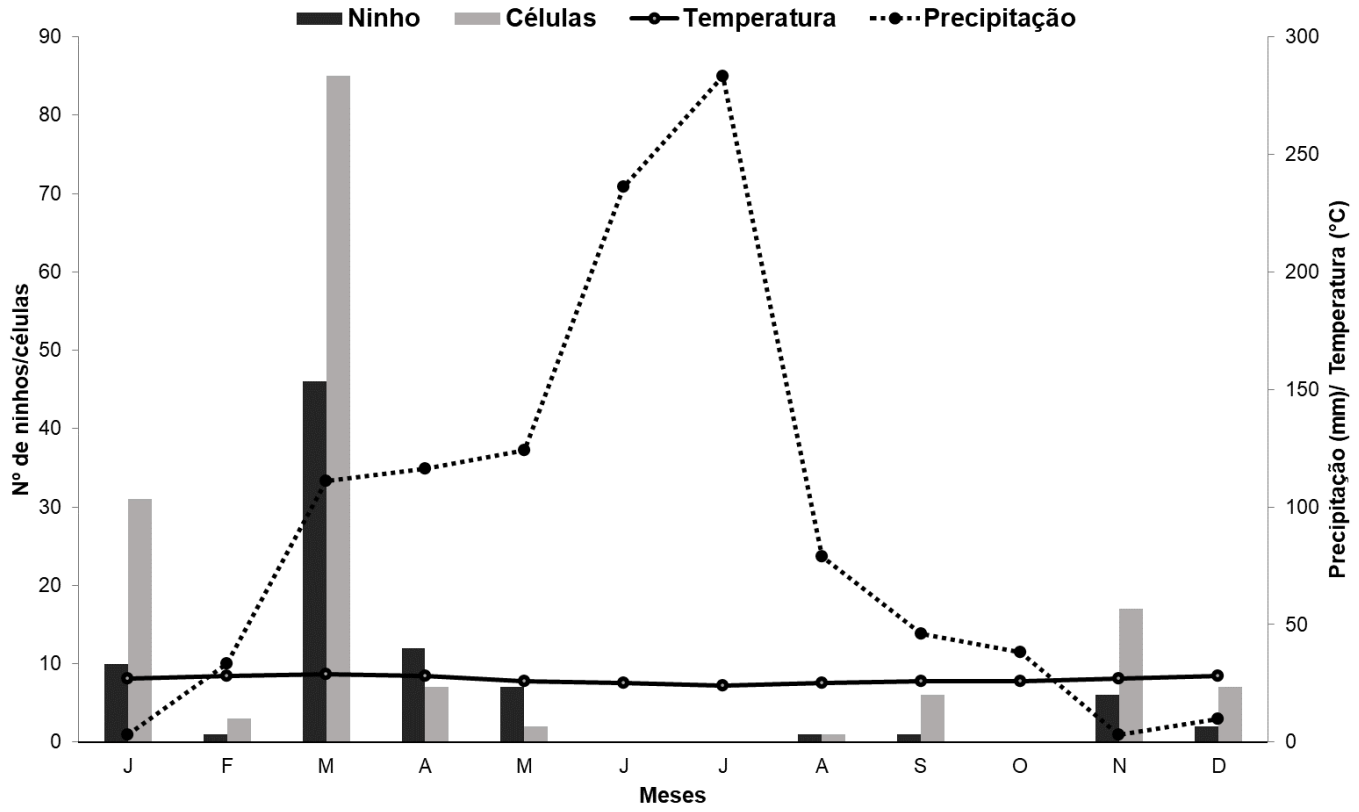

Figura 1. Número de ninhos e de células construídas por *Centris analis* e médias mensais da temperatura e precipitação entre janeiro de 2016 a dezembro de 2017 em cultivo de acerola em Paudalho, Pernambuco, Brasil.

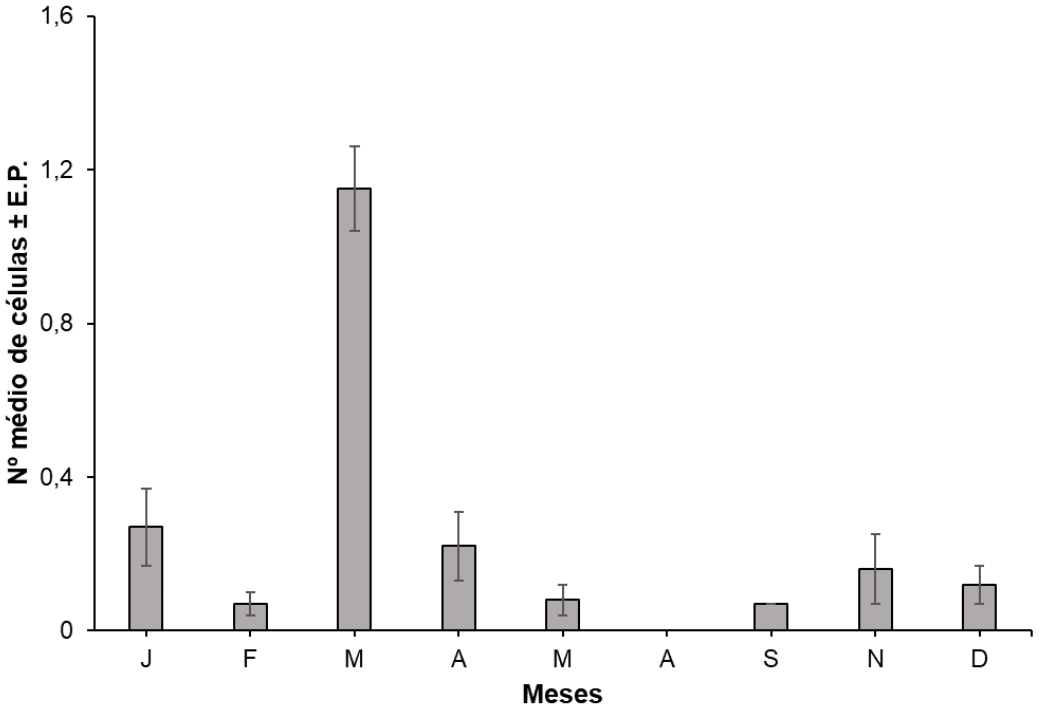

Figura 2. Número médio de células construídas por *Centris analis* em ninhos-armadilha de 6 mm de diâmetro entre janeiro de 2016 a dezembro de 2017 em cultivo de acerola em Paudalho, Pernambuco, Brasil.

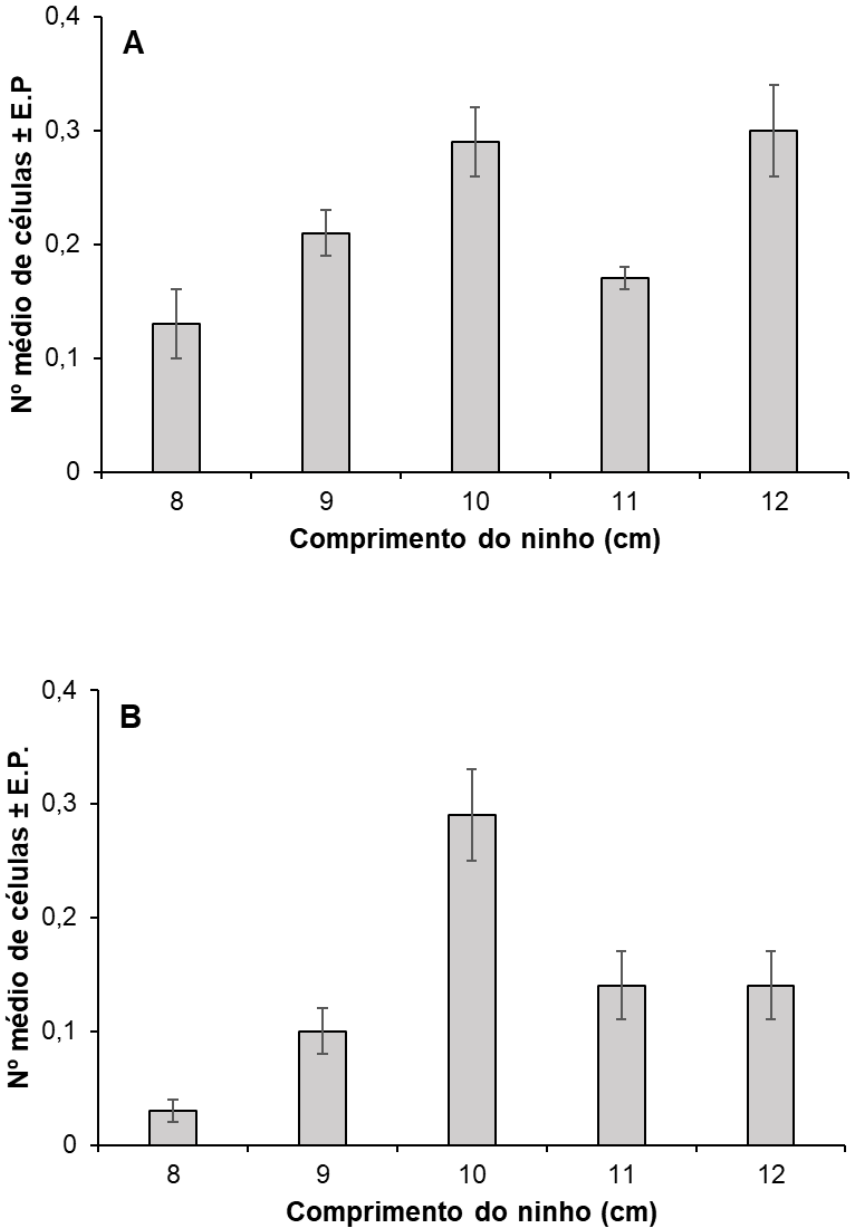

Figura 3. Número médio de células construídas por *Centris analis* em ninhos-armadilha de diferentes comprimentos entre janeiro de 2016 a dezembro de 2017 em cultivo de acerola em Paudalho, Pernambuco, Brasil. A) Ninhos com 6 mm de diâmetro. B) Ninhos com 7 mm de diâmetro.

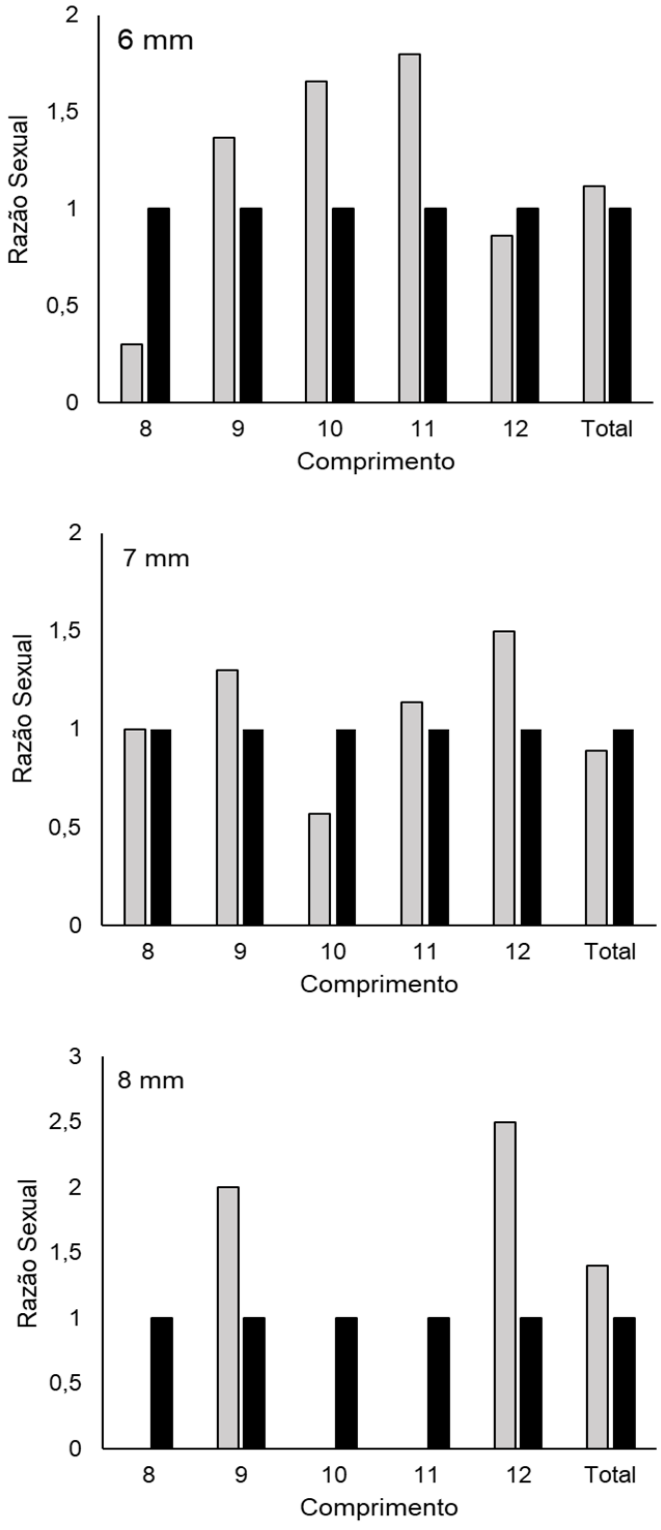

Figura 4. Razão sexual dos indivíduos de *C. analis* produzidos em ninhos-armadilhas de acordo com os diâmetros e comprimentos testados, de janeiro a dezembro de 2017, em cultivo de acerola

em Paudalho, Pernambuco, Brasil. Barras em cinza indicam a razão sexual observada no estudo e barras em preto indicam a razão sexual 1:1.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Estudos de monitoramento de abelhas em ninhos artificiais, em áreas próximas a cultivos, subsidiam a adoção de práticas que propiciem a manutenção e reprodução desses polinizadores, permitindo, assim, a integração entre a produção agrícola e as áreas nativas do entorno. Determinar o número ótimo de abelhas e de ninhos por área para alcançar uma alta produção de frutos e otimizar a ocupação de ninhos artificiais em novas áreas são fatores essenciais, mas que ainda precisam ser melhor investigados.

Paralelamente, existe a necessidade do aumento e da adoção de práticas mais favoráveis ao manejo dos polinizadores, tais como o uso de controle biológico de pragas, análise do fluxo gênico das culturas transgênicas, conservação dos ninhos das abelhas nativas, manejo da paisagem agrícola de modo a manter suas bordas com vegetação nativa e diminuição do uso de agrotóxicos nas culturas agrícolas. Essas ações são cada vez mais importantes e podem contribuir na manutenção de espécies de abelhas solitárias, como as populações de *Centris analis*, dentro e no entorno dos pomares de culturas que dependem da polinização das abelhas solitárias.